

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 1 4 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 7 0 0 3 6
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 7 0 0 3 6]

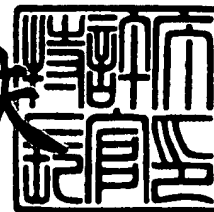
出 願 人 キヤノン株式会社
Applicant(s):

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 4 年 3 月 2 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 2 5 6 4 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 253766

【提出日】 平成15年 3月14日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明の名称】 光学系、及びそれを用いた露光装置、デバイスの製造方法

【請求項の数】 1

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社
社内

 【氏名】 原 真一

【特許出願人】

 【識別番号】 000001007

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

 【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

 【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

 【識別番号】 100090538

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社
内

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 西山 恵三

 【電話番号】 03-3758-2111

【選任した代理人】

【識別番号】 100096965

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号キャノン株式会
社内

【弁理士】

【氏名又は名称】 内尾 裕一

【電話番号】 03-3758-2111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011224

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9908388

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学系、及びそれを用いた露光装置、デバイスの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 内部空間に少なくとも 1 つの光学素子を有し、光源からの光を所定面に導く光学系であって、

前記少なくとも 1 つの光学素子の表面形状を測定する測定系と、

前記測定系の測定結果に基づいて、前記少なくとも 1 つの光学素子の温度制御を行う温度制御部とを有することを特徴とする光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般には、ミラー保持装置に係り、特に、半導体ウェハ用の単結晶基板、液晶ディスプレイ（LCD）用のガラス基板などの被処理体を露光する露光装置に関わる。本発明は、特に、露光光源として紫外線や極端紫外線（EUV：extreme ultraviolet）光を利用する露光装置に好適である。

【0002】

【従来の技術】

フォトリソグラフィ（焼き付け）技術を用いて半導体メモリや論理回路などの微細な半導体素子を製造する際に、レチクル又はマスク（本出願ではこれらの用語を交換可能に使用する。）に描画された回路パターンを投影光学系によってウェハ等に投影して回路パターンを転写する縮小投影露光装置が従来から使用されている。

【0003】

縮小投影露光装置で転写できる最小の寸法（解像度）は、露光に用いる光の波長に比例し、投影光学系の開口数（NA）に反比例する。従って、波長を短くすればするほど、解像度はよくなる。このため、近年の半導体素子の微細化への要求に伴い露光光の短波長化が進められ、超高圧水銀ランプ（i 線（波長約 365 nm））、KrF エキシマレーザー（波長約 248 nm）、ArF エキシマレー

ザー（波長約 193 nm）と用いられる紫外線光の波長は短くなってきた。

【0004】

しかし、半導体素子は急速に微細化しており、紫外線光を用いたリソグラフィでは限界がある。そこで、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以下の非常に微細な回路パターンを効率よく転写するために、紫外線光よりも更に波長が短い、波長 10 nm乃至 15 nm程度の極端紫外線（EUV）光を用いた縮小投影露光装置（以下、「EUV露光装置」と称する。）が開発されている。

【0005】

露光光の短波長化が進むと物質による光の吸収が非常に大きくなるので、可視光や紫外光で用いられるような光の屈折を利用した屈折素子、即ち、レンズを用いることは難しく、更に、EUV光の波長領域では使用できる硝材が存在しなくなり、光の反射を利用した反射素子、即ち、ミラー（例えば、多層膜ミラー）のみで光学系を構成する反射型光学系が用いられる。

【0006】

ミラーは、露光光を全て反射するわけではなく、30%以上の露光光を吸収する。吸収した露光光は、熱となりミラーの表面形状を変形させて光学性能（特に、結像性能）の劣化を引き起こしてしまう。そこで、ミラーは、温度変化によるミラー形状の変化を小さくするために線膨張係数の小さな、例えば、線膨張係数が 10 ppb といった低熱膨張ガラスで構成される。

【0007】

EUV露光装置は、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以下の回路パターンの露光に使用されるため、線幅精度が非常に厳しく、ミラーの表面形状は 0.1 nm 程度以下の変形しか許されない。従って、ミラーの線膨張係数を 20 ppb としても、露光光吸収により温度が徐々に上昇し、ミラー表面の形状が変化してしまう。例えば、ミラーの厚さが 50 mm であるとする、 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ の温度上昇により、ミラー表面の形状が 0.1 nm 変化することになる。

【0008】

そこで、例えば特開平 05-29117号公報には、ミラーに加えられる熱量を一定に保つことによってミラーの形状を一定に保つようにした投影露光装置が

開示されている。

【0 0 0 9】

また、変形したミラーの表面形状を補正する手段として、特開 2 0 0 0 - 2 8 6 1 9 1 号公報にあるように、ミラー裏面を複数のピンによって補正する提案がなされている。

【0 0 1 0】

【特許文献 1】

特開平 0 5 - 0 2 9 1 1 7 号公報

【特許文献 2】

特開 2 0 0 0 - 2 8 6 1 9 1 号公報

【0 0 1 1】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特開平 0 5 - 2 9 1 1 7 号公報の露光装置では、ミラーに加えられる熱量は、露光時には必ずしも一定では無く、パターンによって異なるため、ミラーに加えられる熱量を常に一定にするのは困難である。さらに、ミラーに加えられる熱量を一定に保ったとしても、熱量が加えられる場所、分布が異なると、ミラーの変形の仕方は変わってしまうため、熱量を一定にしたからと言って、ミラーの形状が必ずしも一定になるとは限らないという問題がある。

【0 0 1 2】

また、特開 2 0 0 0 - 2 8 6 1 9 1 号公報の露光装置では、補正駆動のピンの位置安定性が、0. 1 nm 以上悪いと逆にミラーの表面を収差が悪化するように変形してしまうという問題が生じる。

【0 0 1 3】

そこで、本発明は、結像性能の劣化となるミラーの熱膨張による変形を低減し、所望の光学性能をもたらす露光装置を提供することを例示的目的とする。

【0 0 1 4】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するために、本願発明の光学系は、内部空間に少なくとも 1 つの光学素子を有し、光源からの光を所定面に導く光学系であって、前記少なく

とも 1 つの光学素子の表面形状を測定する測定系と、前記測定系の測定結果に基づいて、前記少なくとも 1 つの光学素子の温度制御を行う温度制御部とを有することを特徴としている。

【0 0 1 5】

本発明の更なる目的又はその他の特徴は、以下添付図面を参照して説明される好ましい実施例によって明らかにされるであろう。

【0 0 1 6】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の例示的一態様である露光装置について説明する。なお、各図において、同一の部材については、同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

【0 0 1 7】

ここで、図 3 は、本発明の例示的な露光装置 5 0 0 の概略構成図である。

【0 0 1 8】

本発明の露光装置 5 0 0 は、露光用の照明光として E U V 光（例えば、波長 1 3 . 4 n m）を用いて、例えば、ステップ・アンド・スキャン方式やステップ・アンド・リピート方式でマスク 5 2 0 に形成された回路パターンを被処理体 5 4 0 に露光する投影露光装置である。かかる露光装置は、サブミクロンやクォーターミクロン以下のリソグラフィー工程に好適であり、以下、本実施形態ではステップ・アンド・スキャン方式の露光装置（「スキャナー」とも呼ばれる。）を例に説明する。ここで、「ステップ・アンド・スキャン方式」とは、マスクに対してウェハを連続的にスキャン（走査）してマスクパターンをウェハに露光すると共に、1 ショットの露光終了後ウェハをステップ移動して、次の露光領域に移動する露光方法である。「ステップ・アンド・リピート方式」は、上記の 1 ショットの露光を一括で行なうものである。

【0 0 1 9】

図 3 を参照するに、露光装置 5 0 0 は、照明装置 5 1 0 と、マスク 5 2 0 と、マスク 5 2 0 を載置するマスクステージ 5 2 5 と、投影光学系 5 3 0 と、被処理体 5 4 0 と、被処理体 5 4 0 を載置するウェハステージ 5 4 5 と、アライメント

検出機構 550 と、フォーカス位置検出機構 560 とを有する。

【0020】

また、図 3 に示すように、EUV 光は、大気に対する透過率が低く、残留ガス（高分子有機ガスなど）成分との反応によりコンタミを生成してしまうため、少なくとも、EUV 光が通る光路中（即ち、光学系全体）は真空雰囲気 VC（もしくは減圧雰囲気でも構わない）となっている。

【0021】

照明装置 510 は、投影光学系 530 の円弧状の視野に対する円弧状の EUV 光（例えば、波長 13.4 nm）によりマスク 520 を照明する照明装置であって、EUV 光源 512 と、照明光学系 514 とを有する。

【0022】

EUV 光源 512 は、例えば、レーザープラズマ光源が用いられる。これは、真空容器中のターゲット材に高強度のパルスレーザー光を照射し、高温のプラズマを発生させ、これから放射される、例えば、波長 13 nm 程度の EUV 光を利用するものである。ターゲット材としては、金属膜、ガスジェット、液滴などが用いられる。放射される EUV 光の平均強度を高くするためにはパルスレーザーの繰り返し周波数は高い方がよく、通常数 kHz の繰り返し周波数で運転される。

【0023】

照明光学系 514 は、集光ミラー 514a、オプティカルインテグレーター 514b から構成される。集光ミラー 514a は、レーザープラズマからほぼ等角的に放射される EUV 光集める役割を果たす。オプティカルインテグレーター 514b は、マスク 520 を均一に所定の開口数で照明する役割を持っている。また、照明光学系 514 は、マスク 520 と共役な位置に、マスク 520 の照明領域を円弧状に限定するためのアパーチャ 514c が設けられている。

【0024】

マスク 520 は、反射型マスクで、その上には転写されるべき回路パターン（又は像）が形成され、マスクステージに支持及び駆動されている。マスク 520 から発せられた回折光は、投影光学系 530 で反射されて被処理体 540 上に投

影される。マスク 520 と被処理体 540 とは、光学的に共役の関係に配置される。露光装置 500 は、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置であるため、マスク 520 と被処理体 540 を走査することによりマスク 520 のパターンを被処理体 540 上に縮小投影する。

【0025】

マスクステージ 525 は、マスク 520 を支持して図示しない移動機構に接続されている。マスクステージ 525 は、当業界周知のいかなる構造をも適用することができる。図示しない移動機構は、リニアモーターなどで構成され、マスクステージ 525 を駆動することでマスク 520 を移動することができる。露光装置 500 は、マスク 520 と被処理体 540 を同期した状態で走査する。

【0026】

投影光学系 530 は、複数の反射ミラー（即ち、多層膜ミラー）530a を用いて、マスク 520 面上のパターンを像面である被処理体 540 上に縮小投影する。複数のミラー 530a の枚数は、4 枚乃至 6 枚程度である。少ない枚数のミラーで広い露光領域を実現するには、光軸から一定の距離だけ離れた細い円弧状の領域（リングフィールド）だけを用いて、マスク 520 と被処理体 540 を同時に走査して広い面積を転写する。投影光学系 530 の開口数（NA）は、0.2 乃至 0.3 程度である。

【0027】

投影光学系、照明光学系の各ミラーはそれぞれミラーを一部囲む前述の鏡筒 700 によって支持されている。

【0028】

被処理体 540 は、本実施形態ではウェハであるが、液晶基板その他の被処理体を広く含む。被処理体 540 には、フォトレジストが塗布されている。

【0029】

ウェハステージ 545 は、ウェハチャック 545a によって被処理体 540 を支持する。ウェハステージ 545 は、例えば、リニアモーターを利用して被処理体 540 を移動する。マスク 520 と被処理体 540 は、同期して走査される。また、マスクステージ 525 の位置とウェハステージ 545 との位置は、例えば

、レーザー干渉計などにより監視され、両者は一定の速度比率で駆動される。

【0 0 3 0】

アライメント検出機構 5 5 0 は、マスク 5 2 0 の位置と投影光学系 5 3 0 の光軸との位置関係、及び、被処理体 5 4 0 の位置と投影光学系 5 3 0 の光軸との位置関係を計測し、マスク 5 2 0 の投影像が被処理体 5 4 0 の所定の位置に一致するようにマスクステージ 5 2 5 及びウェハステージ 5 4 5 の位置と角度を設定する。

【0 0 3 1】

フォーカス位置検出機構 5 6 0 は、被処理体 5 4 0 面でフォーカス位置を計測し、ウェハステージ 5 4 5 の位置及び角度を制御することによって、露光中、常時被処理体 5 4 0 面を投影光学系 5 3 0 による結像位置に保つ。

【0 0 3 2】

露光において、照明装置 5 1 0 から射出された E U V 光はマスク 5 2 0 を照明し、マスク 5 2 0 面上のパターンを被処理体 5 4 0 面上に結像する。本実施形態において、像面は円弧状（リング状）の像面となり、マスク 5 2 0 と被処理体 5 4 0 を縮小倍率比の速度比で走査することにより、マスク 5 2 0 の全面を露光する。

【0 0 3 3】

ここで、照明光学系 5 1 4 を構成するミラーである集光ミラー 5 1 4 a または、オプティカルインテグレーター 5 1 4 b、投影光学系 5 3 0 を構成するミラーであるミラー 5 3 0 a の近傍の概略図を図 1 に示す。

【0 0 3 4】

真空チャンバ V C 内は、残留ガス成分と露光光 L との反応によりミラー M の表面にコンタミが付着し、反射率が低下することを抑制するために、図示しない真空ポンプによって 1×10^{-6} [P a] 程度の真空中に維持されている。

【0 0 3 5】

真空チャンバ V C 内において、鏡筒 7 0 0 に支持されたミラー M は、支持部材 M B を介して所定の場所にクランプ部材 M C のよって位置決めされ、反射、屈折及び回折等を利用して光を結像させる。ミラー M は、ミラーとは限らず、その他

の光学素子でも構わない。例えば、屈折レンズ、平行平板ガラス、プリズム及びフレネルゾーンプレート、キノフォーム、バイナリオプティックス、ホログラム等の回折光学素子を用いても良い。本実施形態においては、ミラーMを例に説明する。ミラー近傍は、図1によく示されるように、ミラーを部分的に囲む鏡筒700、ミラーを鏡筒に支持する部材MB、ミラーをクランプする機構MC、ミラーを所定の温度範囲に制御冷却する冷却構成として、ミラー表面位置検出部400A、Bと、輻射機構200と、輻射機構制御部300、ミラー表面形状制御部600とを有する。本図では、特徴的に1つのミラーのみ部分的に囲むように図示した。勿論、鏡筒の内部に1つのミラーしか配置されている場合に限らず、鏡筒の内部に複数のミラーが配置されていても構わない。また、その複数のミラーそれぞれに輻射機構200等を配置しても良いし、複数のミラーのうち選択的に1つ以上のミラーに対して輻射機構200等を設けるようにしても構わない。

【0036】

ミラークランプ機構MCは、いわゆるエアシンリンダなどの圧空アクチュエータでミラーを3点でクランプするものである。

【0037】

ミラーを鏡筒に支持する部材MBは、特開平7-153663号公報のマスク保持方法に開示されているいわゆるキネマティックマウントと同様の構成を用いて、クランプ機構MCによって3点支持されたミラーの位置を6自由度すべてに対して過拘束なく拘束し、所定の位置へ支持している。

【0038】

輻射機構200は、ミラーに非接触で、露光光Lを遮らないように配置され、ミラーMに対して輻射によりミラーMから熱を吸収する。

【0039】

輻射機構200は、輻射板B、Rと、ペルチェ素子240と、放熱ブロック250と、循環部220Aとを有する。

【0040】

輻射板Bは、後述するペルチェ素子240が接合され、ペルチェ素子240のペルチェ効果により冷却されて、ミラーMに対して低温となり温度差を形成し、

輻射によってミラーMの熱を吸収する。輻射板Rは、後述するペルチェ素子240が接合され、ペルチェ素子240のペルチェ効果により加熱されて、ミラーMに対して高温となり温度差を形成し、輻射によってミラーMに熱を与える。

【0041】

輻射板Bに接合されたペルチェ素子240は、ペルチェ素子に流す電流を変化させることによって、ペルチェ素子の吸熱面（ここでは、輻射板Bに接している面）と放熱面（ここでは放熱ブロック250と接している面）との温度差を変えることが可能である。さらに、放熱面を後述の放熱ブロックではほぼ一定の温度とすることで、吸熱面の温度を一定に保っている（温度上昇を防いでいる）。従って、ペルチェ素子240の吸熱面と接合された輻射板Bから、ミラーMの熱を吸収して冷却することができる。

【0042】

また、輻射板Rに接合されたペルチェ素子240も、ペルチェ素子に流す電流を変化させることによって、ペルチェ素子の吸熱面（ここでは、輻射板Rに接している面）と放熱面（ここでは放熱ブロック250と接している面）との温度差を変えることが可能である。さらに、吸熱面を後述の放熱ブロックではほぼ一定の温度とすることで、放熱面の温度を一定に保っている（温度低下を防いでいる）。

。

【0043】

従って、ペルチェ素子240の放熱面を輻射板Rと接合することで、輻射板Rから熱を放出して加熱することができる。ペルチェ素子240は、応答性が高いために高精度に輻射板B、Rの温度を制御して、ミラーMの温度を所定の値にすることができる。

【0044】

放熱ブロック250は、ペルチェ素子240の放熱面に接合されて、後述する循環部220Aが供給する熱媒体が流れるための流路を有する。流路は、パイプを介して循環部220Aと接続される。流路は、放熱ブロック250中に形成され、放熱ブロック250全面に一様に熱媒体が流れるように構成される。放熱ブロック250は、熱媒体により一定温度としている。

【0045】

循環部 220A は、パイプと接続されており、このパイプを介して熱媒体を放熱ブロック 250 の流路に供給及び循環させる。循環部 220A が流路に供給及び循環させる熱媒体は、放熱ブロック 250 の熱を回収し、放熱ブロックを略一定温度に保つためである。

【0046】

次に、ミラーの変形を抑制する機構について説明する。

【0047】

露光光が入射する前、つまりミラー M に熱歪を生じる前の段階で、計測系 400A によって照射領域のほぼ中心の Z 方向位置 A を計測し、計測系 400B によって照射領域内の外周部分の Z 方向位置 B を計測し、位置の差 $A - B$ を求める。図 2A 参照。ここで、Z 方向はミラーの面外方向、R 方向とはミラーの面内方向を示す。

【0048】

露光光が入射すると前述のようにミラー M の温度分布が変化する。露光していない状態から、露光を開始する場合、ウエハを交換して、次のウエハを露光する場合などに大きく温度分布が変化する。

【0049】

温度分布は、照射領域の温度が他の部分に比べて上昇するように発生し、このために変形し、照射領域のほぼ中心の Z 方向位置は A' となり、照射領域内の外周部分の Z 方向位置は B' となる（図 2B 参照）。この変形は主に単純な曲げの変形のため、ミラーの表裏面に温度差を積極的に与える事で、変形を低減することができる。

【0050】

この動作の詳細を以下に述べる。ミラー表面形状制御部 600 は、露光光が入射する前の熱変形の無い状態（図 2A の状態）での、照射領域のほぼ中心位置 A と、照射領域内の外周部分の位置 B の位置との差 $A - B$ を求める。露光光が入射した後の照射領域のほぼ中心位置 A' と、照射領域内の外周部分の位置 B' の位置との差 $A' - B'$ が先に求めた $A - B$ とほぼ同じになるように、輻射機構制御

部300を制御する。

【0051】

輻射機構制御部300は、輻射機構200を制御する。制御部300Aは、ペルチェ素子240に印加する印加電圧を変化させることで輻射板B、輻射板Rの温度を制御する。

【0052】

輻射によって、絶対温度 T_2 [K]、面積 A_2 [m²]の物質Yが絶対温度 T_1 [K]、面積 A_1 [m²]の物質Xから吸収する熱量は、物質Xの輻射率を E_1 、物質Yの輻射率を E_2 、輻射形態係数（即ち、物質Xから出たエネルギーが物質Yへ到達する割合）を F_{12} とした場合に、熱流速密度 Q [W/m²]を用いて以下の数式で表される。但し、 $T_1 > T_2$ とする。

【0053】

(数1)

$$Q = 5.67 \times 10^{-8} \times (T_1^4 - T_2^4) / \left((1 - E_1) / (E_1 \times A_1) + (1 / (A_2 \times F_{12})) + (1 - E_2) / (E_2 \times A_2) \right)$$

5.67×10^{-8} : ステファン・ボルツマン定数

つまり、輻射形態係数が大きいほど、面積が大きいほど、輻射率が大きいほど輻射によって、より熱を与えたり、奪ったりする事ができる。

【0054】

輻射機構制御によって輻射板Bは低温に、輻射板Rは高温に制御されこれによって、前述の輻射によって、ミラーMの表面は冷やされ、裏面が温められることになり、露光熱によって変形するのと逆の曲げ変形を発生させ、露光熱による曲げ変形を低減する。

【0055】

この曲げ変形がほぼゼロつまり、 $A - B = A - B$ となるように、輻射板Bと輻射板Rの温度を決める。

【0056】

以上のように動作させる事で、露光熱を吸収することで生じるミラー変形を低減する事ができるので、収差の悪化を低減でき、従来よりも微細な線幅を精度よく転写できる露光装置を提供できる。

【0057】

非接触にミラーの表面形状を変化させる事ができるため、発塵が無い。発生するパーティクル（微粒子）はたとえ50nm程度の大きさのものが1個であっても、ミラー表面、マスク、ウエハに付着すれば、回路欠陥となり、歩留まりが低下する。このような、問題を発生させる事が無い。

【0058】

また、本構成は、輻射板によってミラーの熱を吸収する効果も同時に持ち合わせているため、ミラーの温度はそれほど上昇する事が無いため、露光熱によるミラー表面形状の変化をもともと小さくできている。このように変形の小さいミラーの表面形状の変化を補正すればよいので、前述のような単純な構成で、ミラー変形をほぼゼロに低減する事ができる。

【0059】

輻射板の温度変動は、ペルチェ素子を用いれば一般的に0.01℃以下である。本発明の構成では、 $A - B = -1\text{ nm}$ 、 $A - B = 0\text{ nm}$ の場合で、輻射板Bの温度をミラーの温度に対して-10℃、輻射板Rの温度をミラーの温度に対して+40℃にすれば、 $A - B = 0\text{ nm}$ とする事ができる。つまり輻射板Rと輻射板Bの温度差50℃でミラーの表面形状を1nm補正する事ができる、先ほど述べたように0.01℃で輻射板の温度を制御すれば、理論的には、 $1\text{ nm} / (50 / 0.01)$ といった、きわめて高精度に、表面形状を補正する事が可能となる。実際は、位置計測精度がそれほどないため、実際にはそこまで、高精度に補正する事はできないが、輻射板の温度安定性は、本発明では充分であることが分かる。

【0060】

以上はミラー表面の照射領域のほぼ中心位置のミラーのZ方向位置と、照射領域内の外周部分の位置のミラーのZ方向位置の2箇所をミラー表面形状の代表として計測した。露光の収差に影響するのは照射領域の変形であるため、照射領域

のZ方向位置が所望の値になるようにするのが望ましいが、照射領域外の2箇所の位置のZ方向位置から照射領域のZ方向位置が推測できる場合には、照射領域外の2箇所の位置でのZ方向位置が所望の値となるように輻射板B、Rの温度を制御しても良い。

【0061】

また、本実施形態は上記の形態に限られたものではない。露光装置によるミラーへの露光光の照射領域は、必ずしも回転対称ではなく、走査型露光装置等では略長方形であったり、またその他非回転対称な形状をしていることがある。

【0062】

このように照射領域が非回転対称な形状をしていると、ミラーMの平面内の互いに異なる方向に関しては、露光光がミラーMに与える熱量の分布が異なる。露光光がミラーMに与える熱量の分布が異なると、当然ミラーMの変形の仕方、変形量も異なってしまう。

【0063】

そこで、ミラー位置検出部400Aを、照射領域の略中心に配置し、さらに照射領域内の外周部に複数のミラー位置検出部（400Bも含む）を配置し、ミラー平面内の各方向に関するミラーの変形を計測し、その計測結果に基づいてミラーの温度制御を行うようにする。例えば、輻射板Bを、照射領域内の外周部に配置したミラー位置検出部に対応する領域ごとに分割し、それぞれの位置検出結果に基づいて、分割した輻射板Bそれぞれの温度を制御するようにすれば良い。勿論、照射領域内の外周部に配置したミラー位置検出部の数と、輻射板Bの分割数を必ずしも一致させる必要は無いし、輻射板Bを分割するのと同様に輻射板Rも分割してそれぞれを温度制御するようにしても良い。

【0064】

走査型露光装置においては、ミラーに対する光の照射領域が略長方形のスリット状となることが多い。その場合、このスリットの長手方向と短手方向との間で、ミラーが受ける熱量の分布の差が顕著に現れる。そこで、照射領域内の中心と、照射領域の中心からスリットの長手方向にシフトした位置（好ましくは照射領域内の外周部）と、照射領域の中心からスリットの短手方向にシフトした位置

(好ましくは照射領域内の外周部) との少なくとも 3 箇所 (それぞれのシフトした方向の両端であれば 5 箇所) に、ミラーの位置検出部を設けるのが好ましい。そして、その際、輻射板 B (輻射板 R も含めても良い) を、スリットの長手方向の両端と、スリットの短手方向の両端との少なくとも 4 つ以上に分割し、それぞれ独立に温度制御が可能な構成にすると、スリットの長手方向と短手方向とで熱量分布、温度分布、変形量等が異なった場合でも、対応可能となる。

【0065】

ここで、前述したいように、ミラー位置検出部は、必ずしもミラーに光が照射される領域内のミラー位置を検出する必要は無く、照射領域外のミラー位置を検出しても構わないが、少なくともミラーの 2 箇所以上の位置を検出するように構成するのが望ましい。

【0066】

また、上述のように、ミラーの温度を制御するのに加えて、ミラーの材料を工夫しても構わない。例えば、Zerodur (商品名) や ULE (商品名) のようなガラスセラミクス材料は、線膨張係数が低い。そこで、本実施例では、線膨張係数が 0 p p b 以上 15 p p b 以下、より好ましくは 5 p p b 以上 10 p p b 以下であるような材料を用いてミラーを構成するのが好ましい。勿論、Zerodur (商品名) や ULE で構成するのはミラーの基板部分であり、その基板の上に Mo 膜と Si 膜とで多層膜を形成し、反射面を形成する。

【0067】

次に、図 4 及び図 5 を参照して、上述の露光装置 500 を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図 4 は、デバイス (IC や LSI などの半導体チップ、LCD、CCD 等) の製造を説明するためのフローチャートである。本実施形態においては、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ 1 (回路設計) では、デバイスの回路設計を行う。ステップ 2 (マスク製作) では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ 3 (ウェハ製造) では、シリコンなどの材料を用いてウェハを製造する。ステップ 4 (ウェハプロセス) は、前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いてリソグラフィー技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ 5 (組み立て) は、後工程と呼ばれ、ステッ

プ4によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）では、ステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、それが出荷（ステップ7）される。

【0068】

図5は、ステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ11（酸化）では、ウェハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ14（イオン打ち込み）では、ウェハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）では、ウェハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では、露光装置500によってマスクの回路パターンをウェハに露光する。ステップ17（現像）では、露光したウェハを現像する。ステップ18（エッチング）では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施形態のデバイス製造方法によれば、従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。このように、露光装置500を使用するデバイス製造方法、並びに結果物としてのデバイスも本発明の一面を構成する。

【0069】

また、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【0070】

また、本発明の実施態様を以下のように記載することもできる。

【0071】

（実施態様1）

内部空間に少なくとも1つの光学素子を有し、光源からの光を所定面に導く光学系であって、

前記少なくとも1つの光学素子の表面形状を測定する測定系と、

前記測定系の測定結果に基づいて、前記少なくとも 1 つの光学素子の温度制御を行う温度制御部とを有することを特徴とする光学系。

【 0 0 7 2 】

(実施態様 2)

前記温度制御部は、前記少なくとも 1 つの光学素子の表面側に配置された第 1 温度制御部と、前記少なくとも 1 つの光学素子の裏面側に配置された第 2 温度制御部とを有していることを特徴とする実施態様 1 記載の光学系。

【 0 0 7 3 】

(実施態様 3)

前記温度制御部は、前記少なくとも 1 つの光学素子に曲げ応力を発生させることを特徴とする実施態様 1 又は 2 記載の光学系。

【 0 0 7 4 】

(実施態様 4)

前記測定系は、前記光学素子面内の互いに略垂直な 2 方向に関する、前記光学素子の変形を計測することが可能であることを特徴とする実施態様 1 乃至 3 いずれかに記載の光学系。

【 0 0 7 5 】

(実施態様 5)

前記略垂直な 2 方向が、前記少なくとも 1 つの光学素子に光が照射される領域の長手方向と短手方向と略一致している（誤差は略 1 0 度以内）ことを特徴とする実施態様 4 記載の光学系。

【 0 0 7 6 】

(実施態様 6)

前記測定系により計測した、前記略垂直な 2 方向に関する前記光学素子の変形を抑制するように、前記温度制御部が温度制御を行うことを特徴とする実施態様 4 又は 5 記載の光学系。

【 0 0 7 7 】

(実施態様 7)

前記温度制御部は、前記光学素子の異なる領域に対して異なる温度制御を行う

ことが可能であることを特徴とする実施態様 1 乃至 6 いずれかに記載の光学系。

【 0 0 7 8 】

(実施態様 8)

前記測定系は、前記少なくとも 1 つの光学素子の表面の 2 箇所以上の測定位置を測定することを特徴とする実施態様 1 乃至 6 いずれかに記載の光学系。

【 0 0 7 9 】

(実施態様 9)

前記 2 箇所以上の測定位置のうちの少なくとも 1 箇所の測定位置は、前記少なくとも 1 つの光学素子の前記光が照射される領域内であることを特徴とする実施態様 8 記載の光学系。

【 0 0 8 0 】

(実施態様 1 0)

前記 2 箇所以上の測定位置のうちの少なくとも 1 箇所の測定位置は、前記少なくとも 1 つの光学素子の前記光が照射される領域外であることを特徴とする実施態様 8 記載の光学系。

【 0 0 8 1 】

(実施態様 1 1)

前記 2 箇所以上の測定位置は、前記少なくとも 1 つの光学素子の前記光が照射される領域内であることを特徴とする実施態様 8 記載の光学系。

【 0 0 8 2 】

(実施態様 1 2)

前記 2 箇所以上の測定位置は、前記少なくとも 1 つの光学素子の前記光が照射される領域外であることを特徴とする実施態様 8 記載の光学系。

【 0 0 8 3 】

(実施態様 1 3)

前記 2 箇所以上の測定位置のうちの 1 箇所の測定位置が、前記少なくとも 1 つの光学素子の前記光が照射される領域の略中心であることを特徴とする実施態様 8 記載の光学系。

【 0 0 8 4 】

(実施態様 1 4)

前記 2 箇所以上の測定位置のうちの 1 箇所の測定位置が、前記少なくとも 1 つの光学素子の前記光が照射される領域の略外周部分であることを特徴とする実施態様 8 記載の光学系。

【 0 0 8 5 】

(実施態様 1 5)

前記測定系は、前記少なくとも 1 つの光学素子の表面の 3 箇所以上の測定位置を測定することを特徴とする実施態様 1 乃至 1 4 いずれかに記載の光学系。

【 0 0 8 6 】

(実施態様 1 6)

前記少なくとも 1 つの光学素子は反射部材であることを特徴とする実施態様 1 乃至 1 5 いずれかに記載の光学系。

【 0 0 8 7 】

(実施態様 1 7)

前記測定系は、前記反射部材の反射面の形状を測定することを特徴とする実施態様 1 6 記載の光学系。

【 0 0 8 8 】

(実施態様 1 8)

前記温度制御部は、前記反射部材の反射面側と前記反射部材の裏面側とにそれぞれ配置されていることを特徴とする実施態様 1 6 又は 1 7 記載の光学系。

【 0 0 8 9 】

(実施態様 1 9)

前記反射面側に配置された温度制御部は、独立に温度制御が可能な複数の領域を有しており、前記測定系の測定結果に従って、複数の領域のそれぞれを独立に温度制御することを特徴とする実施態様 1 8 記載の光学系。

【 0 0 9 0 】

(実施態様 2 0)

前記温度制御部は、前記反射部材の反射面を冷却し、前記反射部材の反射面の裏側の面を加熱することを特徴とする実施態様 1 6 乃至 1 9 いずれに記載の光学

系。

【 0 0 9 1 】

(実施態様 2 1)

前記少なくとも 1 つの光学素子の線膨張係数が、0 p p b 以上 1 5 p p b 以下であることを特徴とする実施態様 1 乃至 2 0 いずれかに記載の実施態様 1 乃至 2 0 いずれかに記載の光学系。

【 0 0 9 2 】

(実施態様 2 2)

前記少なくとも 1 つの光学素子の線膨張係数が、5 p p b 以上 1 0 p p b 以下であることを特徴とする実施態様 1 乃至 2 1 いずれかに記載の実施態様 1 乃至 2 2 いずれかに記載の光学系。

【 0 0 9 3 】

(実施態様 2 3)

前記内部空間は、高真空であることを特徴とする実施態様 1 乃至 2 2 いずれかに記載の光学系。

【 0 0 9 4 】

(実施態様 2 4)

前記光源からの光が E U V 光 (波長 1 3 ~ 1 4 n m) であることを特徴とする実施態様 1 乃至 2 3 いずれかに記載の光学系。

【 0 0 9 5 】

(実施態様 2 5)

前記温度制御部は、前記少なくとも 1 つの光学素子を、輻射により温度制御することを特徴とする実施態様 1 乃至 2 4 いずれかに記載の光学系。

【 0 0 9 6 】

(実施態様 2 6)

前記温度制御部は、前記少なくとも 1 つの光学素子を温度制御するための輻射板を有し、該輻射板をペルチェ素子により温度制御していることを特徴とする実施態様 1 乃至 2 5 いずれかに記載の光学系。

【 0 0 9 7 】

(実施態様 2 7)

前記輻射板と前記ペルチェ素子とが接触して配置されており、前記ペルチェ素子の前記輻射板と反対側の面には、略一定温度に保たれた放熱部が配置されていることを特徴とする実施態様 2 6 記載の光学系。

【 0 0 9 8 】

(実施態様 2 8)

実施態様 1 乃至 2 7 いずれかに記載の光学系を有する露光装置。

【 0 0 9 9 】

(実施態様 2 9)

前記光源からの光で前記所定面に配置された被露光体を露光する露光装置であって、前記光源から前記被露光体までの光路に配置された光学素子がすべて反射部材であることを特徴とする実施態様 2 8 記載の露光装置。

【 0 1 0 0 】

(実施態様 3 0)

E U V を露光光とする露光装置であって、

複数のミラーからなり、光源から放射された E U V 光を反射型マスクへ導く照明光学系と、

複数のミラーからなり、前記マスクからの反射光を被露光体上に結像させる投影光学系と、

前記複数のミラーのうち少なくとも 1 つのミラーの表面の温度を非接触に変化させる機構と、

前記複数のミラーのうち少なくとも 1 つのミラーの裏面の温度を非接触に変化させる機構と、

前記ミラーの表面形状を測定する測定系と、

前記測定系による測定結果に基づき前記ミラー表面または裏面の温度を非接触に変化させる機構を制御する制御器を有することを特徴とする露光装置。

【 0 1 0 1 】

(実施態様 3 1)

実施態様 2 8 乃至 3 0 いずれかに記載の露光装置を用いて被露光体を露光する

ステップと、露光された前記被露光体を現像するステップとを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【0102】

このような構成にすることにより、露光光を光学素子が吸収することで変形する事を低減し、光学特性の収差を改善できる光学系、露光装置を提供できる。さらに、光学特性に影響を与えるミラーの露光光照射領域の形状を直接計測して、この変形を低減するので、より高精度に光学特性の収差を改善できる露光装置を提供できる。さらに、露光光を光学素子が吸収することで変形する事を低減し、光学特性の収差を改善できる露光方法を提供できる。

【0103】

さらに、上述の露光装置の作用と同様の作用を奏するデバイス製造方法は、中間及び最終結果物であるデバイス自体にもその効力が及ぶ。また、かかるデバイスは、LSIやVLSIなどの半導体チップ、CCD、LCD、磁気センサー、薄膜磁気ヘッドなどを含む。

【0104】

【発明の効果】

本願に記載した発明によれば、

従来よりも微細な線幅を精度よく転写できる露光装置、露光方法を提供できる。

【0105】

さらに、本願の請求項21に記載した発明によれば、従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一側面としての露光装置を示す概略構成図である。

【図2】

露光光が照射されたことによって発生するミラー表面の形状変化を説明する概略図。

【図3】

本発明の例示的な露光装置の概略構成図である。

【図 4】

デバイス（ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等）の製造を説明するためのフローチャートである。

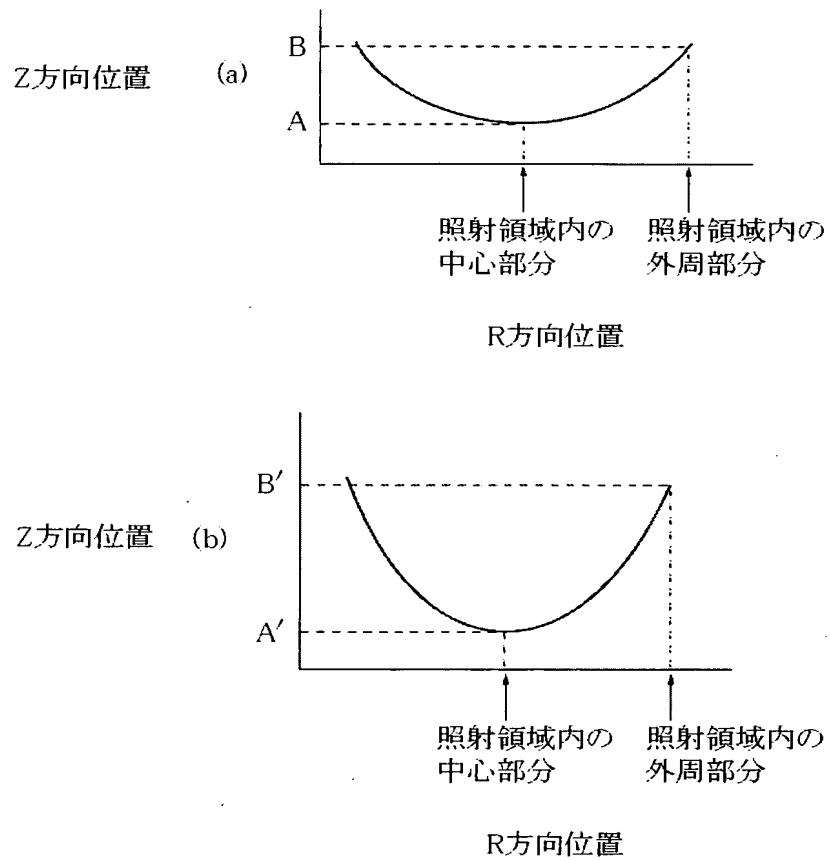
【図 5】

図 4 に示すステップ 4 のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。

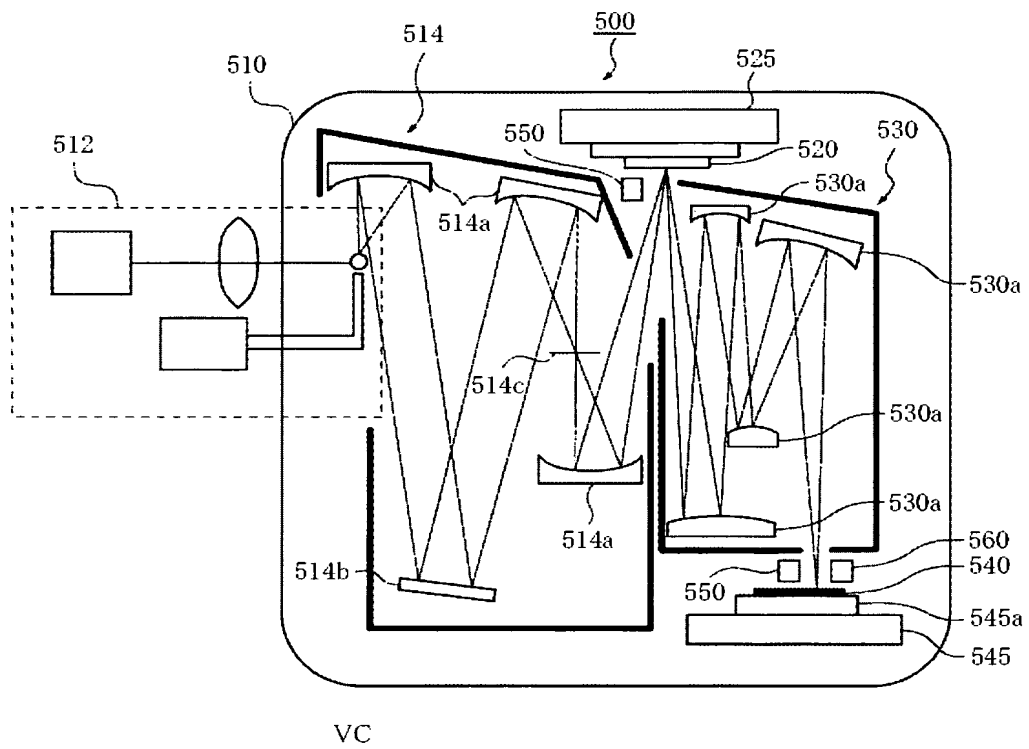
【符号の説明】

- 200B 輻射機構（冷却）
- 200R 輻射機構（加熱）
- B 輻射板（冷却）
- R 輻射板（加熱）
- 220A 循環部
- 300A 制御部
- 240 ペルチェ素子
- 250 放熱ブロック
- 500 露光装置
- 512 照明光学系
- 512a 集光ミラー
- 512a オプティカルインテグレーター
- 530 投影光学系
- 530a 反射ミラー
- 400A ミラー表面位置検出部400（照射領域内の中心）
- 400B ミラー表面位置検出部400（照射領域内の外周）
- 600 ミラー表面形状制御部
- 700 鏡筒

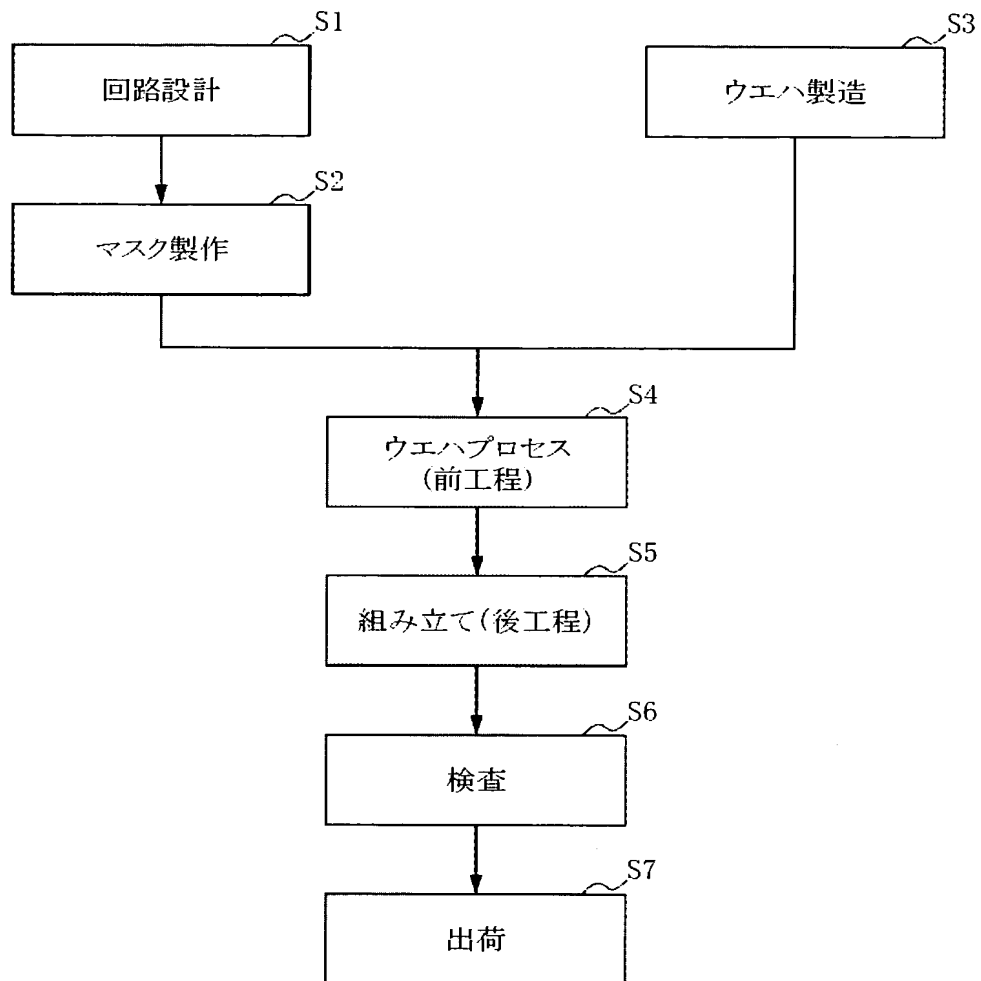
【図 2】



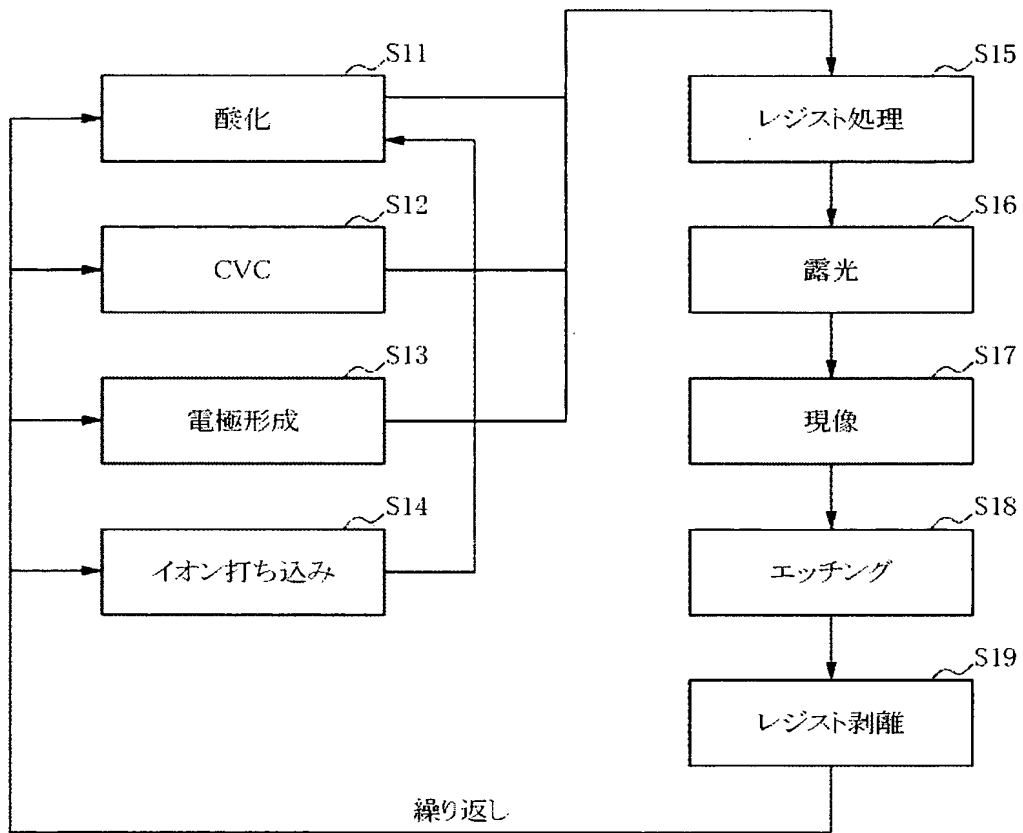
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 E U V 露光装置に用いるミラー光学系は、E U V 光に対する反射率が 7 0 % 程度であるため、E U V 光を吸収してしまい、大きく変形してしまう。

【解決手段】 そこで、本発明の光学系は、内部空間に少なくとも 1 つの光学素子を有し、光源からの光を所定面に導く光学系であって、前記少なくとも 1 つの光学素子の表面形状を測定する測定系と、前記測定系の測定結果に基づいて、前記少なくとも 1 つの光学素子の温度制御を行う温度制御部とを有する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 7 0 0 3 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 1 0 0 7]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 3 0 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号
氏 名	キヤノン株式会社